



**COPY OF PAPERS
ORIGINALLY FILED**



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 100 55 156.4

Anmeldetag: 07. November 2000

Anmelder/Inhaber: Harman Becker Automotive Systems
(Becker Division) GmbH, Karlsbad/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Erzeugung einer Navigations-
karte und Navigationskarte

IPC: G 09 B, G 06 T, G 08 G

Bemerkung: Die Anmelderin firmierte bei Einreichung dieser
Patentanmeldung unter der Bezeichnung:
Becker GmbH

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 22. November 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wallner

Beschreibung

Verfahren zur Erzeugung einer Navigationskarte und Navigationskarte

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer Navigationskarte für ein Navigationsgerät. Die Erfindung betrifft weiter eine Navigationskarte für ein Navigationsgerät.

10 Auf einer Navigationskarte, die auf dem Bildschirm eines Navigationsgerätes dargestellt wird, sind die Strassen und Wege aus geraden Linien zusammengesetzt. Diese Art der kartographischen Wiedergabe ist aber mit einer Reihe von Nachteilen behaftet.

15

Weil Strassen und Wege, aber auch z. B. Flüsse in Wirklichkeit nicht aus geraden Teilstücken zusammengesetzt sind, wie dies auf einer Navigationskarte der Fall ist, lässt die Genauigkeit der Navigationskarte zu wünschen übrig. Außerdem ist die Wiedergabe der Strassen und Wege nicht wirklichkeitsgetreu. Je genauer die Navigationskarte aufgebaut ist, desto kleinere und desto mehr gerade Teilstücke sind zur Darstellung einer Strasse oder eines Weges erforderlich, was einen sehr hohen Speicherbedarf bedingt.

25

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Erzeugung einer Navigationskarte so zu gestalten, dass einerseits der Speicherbedarf zur Speicherung der Parameter der Navigationskarte reduziert wird und andererseits trotz geringeren Speicherbedarfs die Genauigkeit der Navigationskarte wesentlich erhöht wird.

30

Verfahrenmäßig wird diese Aufgabe mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen dadurch gelöst, dass Strassen, Wege, Bahnlinien, Flüsse, Seen und dergleichen aus Klotoiden zusammengesetzt werden.

35

Vorrichtungsmäßig wird diese Aufgabe mit den im Anspruch 6 angegebenen Merkmalen dadurch gelöst, dass auf der Navigationskarte Strassen, Wege, Bahnlinien, Flüsse, Seen und dergleichen aus Klotoiden zusammengesetzt sind.

5

Anstatt Strassen, Wege, Bahnlinien, Flüsse und ähnliche kartographische Parameter durch Aneinanderreihen von Geraden darzustellen, sieht die Erfindung vor, diese kartographischen Parameter aus Klotoiden zusammenzusetzen.

10

Eine Klotoid ist als eine Kurve definiert, deren Krümmung proportional zur Streckenlänge ist.

Eine Klotoid wird nach folgenden Formeln berechnet:

15

$$1. \quad l = K \cdot a^2$$

Wobei l die Streckenlänge und K die Krümmung bezeichnet.

20 In Parameterform lauten die Gleichungen einer Klotoid folgendermaßen:

$$2. \quad x = a\sqrt{\pi} \int_{\tau=0}^t \cos\left(\frac{\pi}{2}\tau^2\right) d\tau$$

25

$$3. \quad y = a\sqrt{\pi} \int_{\tau=0}^t \sin\left(\frac{\pi}{2}\tau^2\right) d\tau$$

$$4. \quad \text{mit } t = \frac{1}{a\sqrt{\pi}} l$$

30

Weil diese Integrale nicht lösbar sind, sieht ein Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Reihenentwicklung nach Taylor vor.

$$5. X_K(t) = a \cdot \sqrt{\pi} \left(+ \frac{1}{0!} \frac{\pi^0 1}{2^0 1} t^1 - \frac{1}{2!} \frac{\pi^2 1}{2^2 5} t^5 + \frac{1}{4!} \frac{\pi^4 1}{2^4 9} t^9 - \frac{1}{6!} \frac{\pi^6 1}{2^6 13} t^{13} + \dots \right)$$

$$6. Y_K(t) = a \cdot \sqrt{\pi} \left(+ \frac{1}{1!} \frac{\pi^1 1}{2^1 3} t^3 - \frac{1}{3!} \frac{\pi^3 1}{2^3 7} t^7 + \frac{1}{5!} \frac{\pi^5 1}{2^5 11} t^{11} - \frac{1}{7!} \frac{\pi^7 1}{2^7 15} t^{15} + \dots \right)$$

5

Die Reihenentwicklung wird nach einem vorgebbaren Glied abgebrochen, so dass ein Polynom übrig bleibt. Die Glieder der Polynome werden vorzugsweise in einer Tabelle gespeichert.

10

Weil sich alle Klotoiden ähnlich sind gibt es eine Einheitsklotoid mit dem Parameter $a=1$. Ein Ausführungsbeispiel sieht vor, die Glieder der Polynome der Einheitsklotoiden in einer Tabelle zu speichern und aus diesen Werten aktuelle Klotoiden zu berechnen. Ein Ausführungsbeispiel sieht vor, die Koordinaten der Einheitsklotoiden in einer Tabelle zu speichern und aus diesen Werten aktuelle Klotoiden zu berechnen.

15

Gegenüber der herkömmlichen Darstellung von Strassen und Wegen mittels aneinandergereihten geraden Linien erzielt die erfindungsgemäße Darstellung mittels Klotoiden zahlreiche Vorteile.

20

Die Genauigkeit der Abbildung wird wesentlich erhöht, weil eine genau Position nicht nur an den Punkten gegeben ist, wo zwei gerade Linien aneinanderstoßen, sondern über den gesamten Kurvenverlauf. Die Wiedergabe von Strassen, Wegen, Flüssen und dergleichen ist wesentlich wirklichkeitsgetreuer.

Für die Darstellung der angeführten kartographischen Parameter mittels Klotoiden sind weniger Parameter zu speichern als bei der bisher üblichen Darstellung mittels Punkten und aneinandergereihten geraden Linien. Deshalb wird in einem Navigationsgerät, das die erfindungsgemäße Navigationskarte erzeugt, erheblich Speicherplatz eingespart.

35

Weil eine Navigationskarte mit Klotoidendarstellung den tatsächlichen Verlauf von Straßen, Wegen und dergleichen wesentlich genauer angibt als eine Darstellung mit aneinandergereihten geraden Linien wird die Standortbestimmung erheblich verbessert. So lässt sich z. B. der mittels Sensoren gemessene Verlauf einer befahrenen Strasse leichter in einer Navigationskarte mit Klotoidendarstellung wiederfinden, weil alle Parameter über den gesamten Kurvenverlauf berechenbar sind.

- 10 Eine Navigationskarte in Klotoidendarstellung ist sowohl zum Navigieren als auch zur Darstellung geeignet. Es sind daher in einem Navigationsgerät, das die erfindungsgemäße Navigationskarte erzeugt nicht mehr wie üblich zwei Navigationskarten erforderlich. Die eine der beiden Navigationskarten dient beim Stand der Technik zum Navigieren, während die andere der Darstellung dient.

- 20 Prädiktive Streckendaten beschreiben den zukünftigen Streckenverlauf z. B. der folgenden 1 bis 2 Kilometer. Sie lassen sich zum Beispiel bei der Darstellung mittels Klotoiden unmittelbar aus der Navigationskarte entnehmen und müssen nicht Online berechnet werden, wodurch Rechenzeit eingespart wird.

- 25 Weil in Deutschland und auch in anderen Ländern, wo immer die Geographie es erlaubt, Strassen wegen der höheren Verkehrssicherheit als Klotoiden gebaut werden, ist die erfindungsgemäße Darstellung mittels Klotoiden besonders wirklichkeitsgetreu. Die Qualität der Darstellung kommt bei der erfindungsgemäßen Navigationskarte bereits der einer Luftaufnahme nahe.

- 30 Anhand der in den Figuren dargestellten Kurvenverläufe werden das Prinzip der erfindungsgemäßen Navigationskarte sowie die wesentlichen Unterschiede zum Stand der Technik erläutert.

- 35 In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine Strasse in Klotoidendarstellung und

Figur 2 dieselbe Strasse in der üblichen Darstellung

mittels Geraden.

In der Figur 2 ist ein Stück einer Strasse durch fünf Geraden
5 und sechs Punkte dargestellt, während in Figur 1 dieselbe
Strasse mittels nur zwei Klotoiden und drei Punkten dar-
gestellt ist. Trotz der Darstellung mit nur zwei Klotoiden und
drei Punkten ist die in Figur 1 gezeigte erfindungsgemäße Dar-
stellung wesentlich genauer und wirklichkeitsgetreuer als die
10 übliche in Figur 2 abgebildete Darstellung mit fünf Geraden
und sechs Punkten. Für die sechs Punkte P1 bis P6 sind beim
Stand der Technik sechs x-Koordinaten und sechs y-Koordinaten,
also insgesamt 12 Koordinaten, erforderlich, während bei der
erfindungsgemäßen Darstellung in Figur 1 nur die x- und y-
15 Koordinaten von drei Punkten und die Krümmung K für die drei
Punkte P1 bis P3 erforderlich sind. Die Erfindung benötigt da-
her nur neun Koordinaten.

Die Erfindung zeichnet sich durch den Vorteil aus, dass trotz
20 einer erheblichen Reduzierung der Speicherkapazität eine we-
sentlich bessere, genauere und wirklichkeitsgetreuer Darstel-
lung erzielt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung einer Navigationskarte für ein Navigationsgerät, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass Strassen, Wege, Bahnlinien, Flüsse, Seen und ähnliche kartographische Parameter aus Klotoiden zusammengesetzt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Klotoiden nach den Gleichungen

$$1. \quad l = K \cdot a^2$$

$$2. \quad x = a\sqrt{\pi} \int_0^t \cos\left(\frac{\pi}{2}\tau^2\right) d\tau$$

$$3. \quad y = a\sqrt{\pi} \int_0^t \sin\left(\frac{\pi}{2}\tau^2\right) d\tau$$

20 mit

$$4. \quad t = \frac{1}{a\sqrt{\pi}} l$$

berechnet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Berechnung der Klotoiden eine Reihenentwicklung der Gleichungen

$$5. \quad X_K(t) = a \cdot \sqrt{\pi} \left(+ \frac{1}{0!} \frac{\pi^0}{2^0} t^1 - \frac{1}{2!} \frac{\pi^1}{2^2} t^3 + \frac{1}{4!} \frac{\pi^2}{2^4} t^5 - \frac{1}{6!} \frac{\pi^3}{2^6} t^7 + \dots \right)$$

$$6. Y_k(t) = a \cdot \sqrt{\pi} \left(+ \frac{1}{1!} \frac{\pi^4}{2^3} t^3 - \frac{1}{3!} \frac{\pi^3}{2^{17}} t^7 + \frac{1}{5!} \frac{\pi^5}{2^{51}} t^{11} - \frac{1}{7!} \frac{\pi^7}{2^{15}} t^{15} + \dots \right)$$

5

durchgeführt wird, die nach einem vorgebbaren Glied abgebrochen wird, so dass Polynome gebildet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, d a d u r c h g e k e n n -
 10 z e i c h n e t, dass die Glieder der Polynome in einer Tabelle gespeichert werden.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, d a -
 d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Koordinaten
 15 der Einheitsklotoide in einer Tabelle gespeichert werden, aus denen alle Klotoiden der Navigationskarte abgeleitet werden.

6. Navigationskarte für ein Navigationsgerät, d a d u r c h
 g e k e n n z e i c h n e t, dass Strassen, Wege, Bahnlinien,
 20 Flüsse, Seen und ähnliche kartographische Parameter aus Klotoiden zusammengesetzt sind.

7. Navigationskarte für ein Navigationsgerät, d a d u r c h
 g e k e n n z e i c h n e t, dass die Klotoiden nach den
 25 Gleichungen

$$1. l = K \cdot a^2$$

$$30 \quad 2. x = a\sqrt{\pi} \int \cos\left(\frac{\pi}{2}\tau^2\right) d\tau$$

$$3. y = a\sqrt{\pi} \int \sin\left(\frac{\pi}{2}\tau^2\right) d\tau$$

mit

35

$$4. \quad t = \frac{1}{a\sqrt{\pi}} l$$

5 berechnet sind.

8. Navigationskarte für ein Navigationsgerät, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Berechnung der Klotoiden
eine Reihenentwicklung der Gleichungen

10

$$5. \quad X_K(t) = a \cdot \sqrt{\pi} \left(+ \frac{1}{0!} \frac{\pi^0}{2^1} t^1 - \frac{1}{2!} \frac{\pi^2}{2^5} t^5 + \frac{1}{4!} \frac{\pi^4}{2^9} t^9 - \frac{1}{6!} \frac{\pi^6}{2^{13}} t^{13} + \dots \right)$$

15

$$6. \quad Y_K(t) = a \cdot \sqrt{\pi} \left(+ \frac{1}{1!} \frac{\pi^1}{2^3} t^3 - \frac{1}{3!} \frac{\pi^3}{2^7} t^7 + \frac{1}{5!} \frac{\pi^5}{2^{11}} t^{11} - \frac{1}{7!} \frac{\pi^7}{2^{15}} t^{15} + \dots \right)$$

20

durchgeführt wird, die nach einem vorgebbaren Glied abge-
brochen sind, so dass Polynome gebildet werden.

9. Navigationskarte für ein Navigationsgerät, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass die Glieder der Polynome in
einer Tabelle gespeichert sind.

25


10. Navigationskarte für ein Navigationsgerät, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t, dass die Koordinaten der Ein-
heitsklotoiden in einer Tabelle gespeichert sind, aus denen
alle Klotoiden der Navigationskarte abgeleitet sind.

30


Zusammenfassung

Um eine Navigationskarte für ein Navigationsgerät genauer und
5 wirklichkeitsgetreuer mit weniger Speicherkapazität darstellen
zu können, werden Strassen, Wege, Bahnlinien, Flüsse, Seen und
ähnliche kartographische Parameter nicht aus Geraden sondern
aus Klotoiden zusammengesetzt. Eine Klotoid ist durch ihre
Krümmung und ihre Länge definiert.

10



Figur (1)



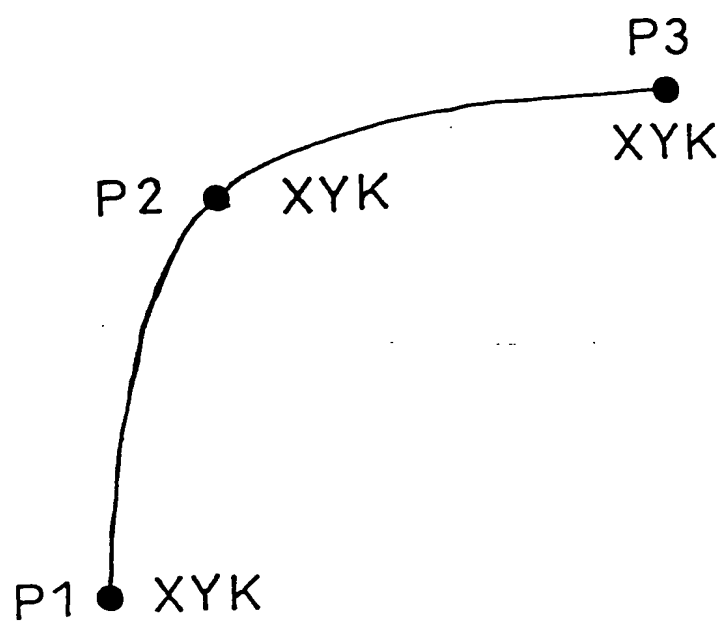


Fig.1

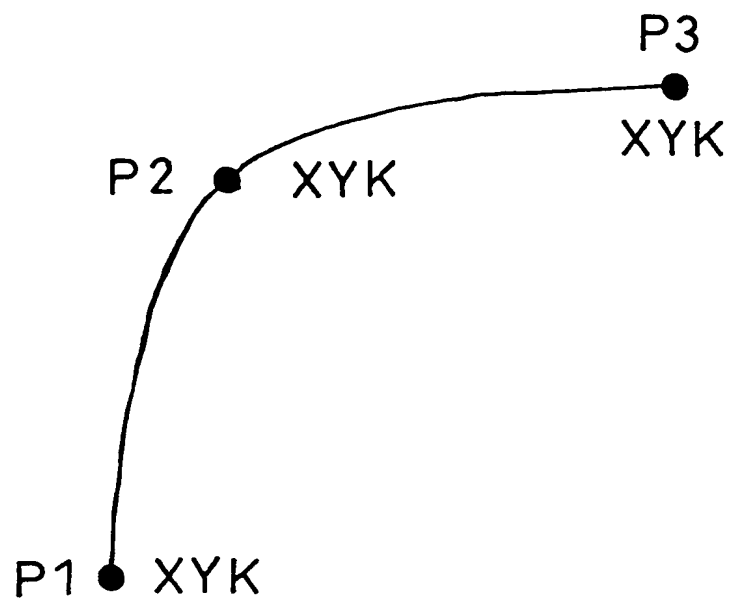


Fig.1

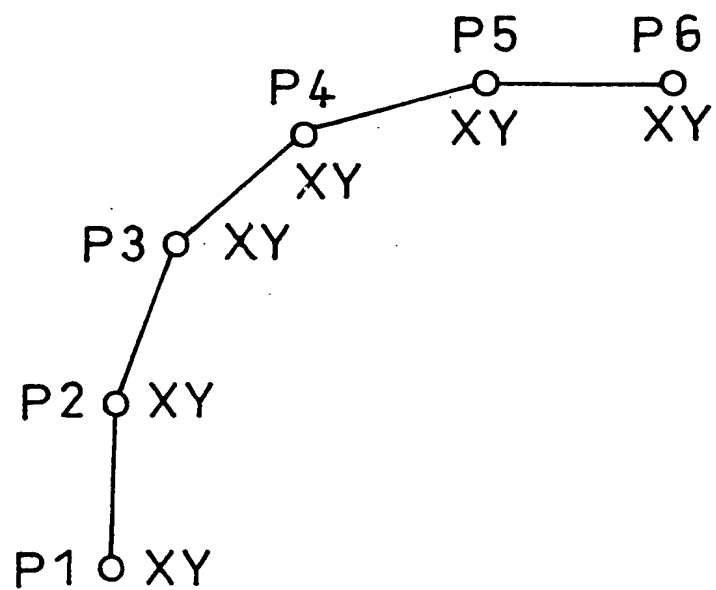


Fig. 2